

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

1997-7-16

JP2631607B2

## Bibliographic Fields

## Document Identity

(19)【発行国】  
日本国特許庁(JP)  
(12)【公報種別】  
特許公報(B2)  
(11)【特許番号】  
第2631607号  
(45)【発行日】  
平成9年(1997)7月16日  
(43)【公開日】  
平成6年(1994)4月28日

## Filing

(24)【登録日】  
平成9年(1997)4月25日  
(21)【出願番号】  
特願平4-268809  
(22)【出願日】  
平成4年(1992)10月7日

## Public Availability

(45)【発行日】  
平成9年(1997)7月16日  
(43)【公開日】  
平成6年(1994)4月28日

## Technical

(54)【発明の名称】  
レーザー装置  
(51)【国際特許分類第6版】  
H01S 3/038  
3/225  
【FI】  
H01S 3/03 B  
3/223 E  
【請求項の数】  
8

(19) [Publication Office]  
Japan Patent Office (JP)  
(12) [Kind of Document]  
Japanese Patent Publication (B2)  
(11) [Patent Number]  
second 6 31 607 number  
(45) [Issue Date]  
1997 (1997) July 16 days  
(43) [Publication Date of Unexamined Application]  
1994 (1994) April 28 days

(24) [Registration Date]  
1997 (1997) April 25 days  
(21) [Application Number]  
Japan Patent Application Hei 4 - 268809  
(22) [Application Date]  
1992 (1992) October 7 days

(45) [Issue Date]  
1997 (1997) July 16 days  
(43) [Publication Date of Unexamined Application]  
1994 (1994) April 28 days

(54) [Title of Invention]  
LASER DEVICE  
(51) [International Patent Classification, 6th Edition]  
H01S 3/038  
3/225  
[FI]  
H01S 3/03 B  
3/223 E  
[Number of Claims]  
8

JP2631607B2

1997-7-16

【全頁数】

7

(56)【参考文献】

【文献】

特開 平4-101475(JP, A)

【文献】

特開 平4-101476(JP, A)

【文献】

特開 平4-101474(JP, A)

(65)【公開番号】

特開平6-120592

## Parties

## Assignees

(73)【特許権者】

【識別番号】

000001236

【氏名又は名称】

株式会社小松製作所

【住所又は居所】

東京都港区赤坂二丁目3番6号

## Inventors

(72)【発明者】

【氏名】

溝口 計

【住所又は居所】

神奈川県平塚市万田1200 株式会社 小松製作所 研究所内

(72)【発明者】

【氏名】

小若 雅彦

【住所又は居所】

神奈川県平塚市万田1200 株式会社 小松製作所 研究所内

(72)【発明者】

【氏名】

小林 誠樹夫

[Number of Pages in Document]

7

(56) [Cited Reference(s)]

[Literature]

Japan Unexamined Patent Publication Hei 4 - 101475 (JP, A)

[Literature]

Japan Unexamined Patent Publication Hei 4 - 101476 (JP, A)

[Literature]

Japan Unexamined Patent Publication Hei 4 - 101474 (JP, A)

(65) [Publication Number of Unexamined Application (A)]

Japan Unexamined Patent Publication Hei 6 - 120592

(73) [Patent Rights Holder]

[Identification Number]

000001236

[Name]

KOMATSU LTD. (DB 69-054-1560)

[Address]

Tokyo Prefecture Minato-ku Akasaka 2-Chome 3-6

(72) [Inventor]

[Name]

Mizoguchi meter

[Address]

Inside of Kanagawa Prefecture Hiratsuka City Manda 1200  
Komatsu Ltd. (DB 69-054-1560) research laboratory

(72) [Inventor]

[Name]

Kowaka Masahiko

[Address]

Inside of Kanagawa Prefecture Hiratsuka City Manda 1200  
Komatsu Ltd. (DB 69-054-1560) research laboratory

(72) [Inventor]

[Name]

Kobayashi Yukio

JP2631607B2

1997-7-16

## 【住所又は居所】

神奈川県平塚市万田1200 株式会社 小松製作所 研究所内

## Agents

## (74)【代理人】

## 【弁理士】

## 【氏名又は名称】

木村 高久

## 【審査官】

河原 正

## Claims

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

レーザーチャンバの長手方向に沿って上下に対向して配設された 2 つの電極間で放電を行い、前記レーザーチャンバ内に封入されたレーザー媒質ガスを励起してレーザー光を発生させるレーザー装置において、

前記 2 つの電極のうちの少なくとも一方を、他方の電極に向けて突出された突起部を有した電極とするとともに、前記突起部の幅を放電幅に略一致させ、さらに前記突起部の幅を  $x$ 、前記突起部の高さを  $h$ 、前記突起部先端と前記対向する電極との距離を  $d$ 、前記突起部を有した電極の幅を  $W$  としたとき、

$x < dx < W0.01 < 0.5$  なる条件を満足するように前記 2 つの電極を形成したことを特徴とするレーザー装置。

## 【請求項 2】

前記突起部の電極幅方向の断面のうち、他方の電極に対向する部分の形状の一部を円弧状にした請求項 1 記載のレーザー装置。

## 【請求項 3】

前記突起部の電極幅方向の断面のうち、他方の電極に対向する部分の形状を楕円の一部分の形状にした請求項 1 記載のレーザー装置。

## 【請求項 4】

前記突起部の電極幅方向の断面のうち、他方の電極に対向する部分は複数の直線からなる

## [Address]

Inside of Kanagawa Prefecture Hiratsuka City Manda 1200  
Komatsu Ltd. (DB 69-054-1560) research laboratory

## (74) [Attorney(s) Representing All Applicants]

## [Patent Attorney]

## [Name]

Kimura Takahisa

## [Examiner]

Kawahara righteousness

## (57) [Claim(s)]

## [Claim 1]

Opposing to top and bottom alongside lengthwise direction of laser chamber, excitation doing laser medium gas which discharges between 2 electrode which are arranged is enclosed into aforementioned laser chamber, in laser device which generates laser beam,

As it makes electrode which possesses boss which protruding is done at least one among aforementioned 2 electrode, destined for the electrode of other, width of aforementioned boss to the discharge width abbreviating agreeing. Furthermore when width of aforementioned boss height of  $x$ , aforementioned boss  $h$ , aforementioned boss tip and description above distance of electrode which opposes designating the width of electrode which possesses  $d$ , aforementioned boss as  $W$ ,

In order  $x < dx < W0.01$

## [Claim 2]

Among cross section of electrode transverse direction of aforementioned boss, laser device, which is stated in Claim 1 which designates portion of shape of portion which opposes to electrode of other as circular arc

## [Claim 3]

Among cross section of electrode transverse direction of aforementioned boss, shape of portion which opposes to electrode of other laser device, which is stated in Claim 1 which is made shape of portion of ellipse

## [Claim 4]

Among cross section of electrode transverse direction of aforementioned boss, as for the portion which opposes to

1997-7-16

JP2631607B2

角部を有している請求項 1 記載のレーザ装置。

## 【請求項 5】

前記突起部を有した電極のうち、前記突起部は放電による消耗が少ない、導電性を有した材料で構成され、前記突起部以外の部分は加工性のよい、導電性を有した材料で構成されている請求項 4 記載のレーザ装置。

## 【請求項 6】

導電体の両側に導電体を密着させて配設することにより、前記突起部を有した電極を構成した請求項 1 記載のレーザ装置。

## 【請求項 7】

前記突起部を有した電極を、放電電圧が印加される側の電極とし、この電極の電極幅方向両側に導電体を配設した請求項 1 記載のレーザ装置。

## 【請求項 8】

前記レーザ装置は、波長選択素子を有した光共振器が設けられて該光共振器によって前記レーザ光の発振波長を狭帯域化する狭帯域発振レーザ装置である請求項 1 記載のレーザ装置。

## Specification

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【産業上の利用分野】

本発明は、材料加工、投影露光用等の光源に用いる放電動起型のレーザ装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

放電動起型のエキシマレーザ装置は、マーキング、穴開け、アニーリングなどの材料加工のほか、大規模集積回路(LSI)の回路パターン制作の、光リソグラフィー用光源として用いられている。

すなわち、エキシマレーザは強力な紫外光線であり、その特性を生かして材料加工用としては

electrode of other laser device, which is stated in Claim 1 which has possessed corner which consists of straight lines of plural

## 【Claim 5】

configuration it is done with material where among electrode which possess aforementioned boss, aforementioned boss consumption is little with discharge, possesses electrical conductivity, with material where portion other than aforementioned boss fabricability is good, possesses electrical conductivity configuration laser device, which is stated in Claim 4 which is done

## 【Claim 6】

Sticking conductor to both sides of conductor, laser device, which is stated in Claim 1 which electrode which possesses aforementioned boss by arranging, configuration is done

## 【Claim 7】

laser device, which is stated in Claim 1 where discharge voltage designates the electrode which possesses aforementioned boss, as electrode side which imparting is done, arranges conductor in electrode transverse direction both sides of this electrode

## 【Claim 8】

As for aforementioned laser device, optical resonator which possesses wavelength selecting element being provided, with said optical resonator laser device, which is stated in Claim 1 which is a narrow band oscillation laser device which excitation wavelength of aforementioned laser beam band narrowing is done

## 【Description of the Invention】

## 【0001】

## 【Field of Industrial Application】

this invention regards laser device of discharge excitation type which is used for material processing and or other light source for projection exposure.

## 【0002】

## 【Prior Art】

excimer laser device of discharge excitation type is used other than marking, hole-opening, annealing or other material processing, as light source for photolithography of circuit pattern production of large scale integrated circuit (LSI).

namely, excimer laser with strong ultraviolet light source, utilizing characteristic, is used for marking, hole-opening

1997-7-16

## JP2631607B2

主に樹脂等の有機材料へのマーキング、穴開けなどに用いられる。

また、光リソグラフィーには主に縮小投影法が使われており、照明光源により照らされた原画(レチクル)パターンの透過光を縮小投影光学系により半導体基板上の感光性物質に投影して回路パターンを形成する。

[0003]

ところで、上記回路パターンの投影像の分解能は、用いられる光源の波長で制限されるため光源の波長は可視領域から紫外領域へと次第に短波長化している。

従来、この紫外領域の光源として高圧水銀ランプから発生する g 線(463nm)、i 線(365nm)が使用されてきた。

[0004]

しかしながら最小パターン線幅がメモリ容量 64MB で要求される  $0.25\mu\text{m}$  以下のとなると i 線でもすでに波長としてはそろそろ限界にきている。

この技術的限界を解決するためのものとして深紫外(Deep Ultra Violet)レーザー光源が有望視されている。

とくにエキシマレーザーは高出力、高効率であり、媒質ガスの組成により Kr F(248nm)、Ar F(193nm)などの短波長で強い発振を得ることができる。

[0005]

一方、上記 Deep-UV 領域では、縮小投影レンズ系を構成するガラス、結晶材料が非常に制約されるため水銀ランプを用いた縮小投影レンズ系で用いられてきた色収差補正が困難となる。

そこで、レンズ系を色収差補正するのではなくレーザー共振器内にエタロン等の波長選択素子を配設し、出力光のスペクトル幅をレンズ材の色収差が無視できる程まで小さくすることでその困難さを除去している。

この方法で自然発振の場合にスペクトル幅が数百 pm あった線幅が数 pm にまで細く狭帯域化することができる。

[0006]

etc to resin or other organic material mainly as material processing use.

In addition, projection doing transmitted light of original (reticle) pattern where reduced projection method is used mainly in photolithography, is illuminated by illuminating light source in photosensitive substance on semiconductor substrate with reduced projection optical system, it forms the circuit pattern.

[0003]

Because it is restricted with wavelength of light source where by way resolution of projected image of above-mentioned circuit pattern is used wavelength of light source from visible region trend to short wavelengths has made gradually to ultraviolet domain.

g-line which until recently, occurs from high pressure mercury lamp as light source of this ultraviolet domain (463 nm), i-line (365 nm) was used.

[0004]

But minimum pattern linewidth being memory capacity 64 MB, when it becomes  $0.25\mu\text{m}$  or less which are required even with i-line as wavelength already it has come to the limit gradually.

It is considered that deep ultraviolet (Deep Ultra Violet) laser light source is promising as those in order to solve this technically limit.

Especially, excimer laser with high output, high efficiency, Kr F (248 nm), can acquire the strong oscillation with Ar F (193 nm) or other short wavelength with composition of medium gas.

[0005]

On one hand, with above-mentioned Deep-UV domain, because glass, crystalline material which reduced projection lens system configuration is done very constraint it is done, chromatic aberration revision which is used with reduced projection lens system which uses mercury lamp becomes difficult.

Then, is not chromatic aberration to revise lens system and etalon or other wavelength selecting element is arranged inside laser resonator, to extent where chromatic aberration of lens material can ignore spectral width of output light difficulty is removed by the fact that it makes small.

With this method in case of natural oscillation with spectral width to be thin the band narrowing is possible linewidth which several hundred pm is to several pm.

[0006]

1997-7-16

## JP2631607B2

このように放電励起型のレーザ装置は産業用光源として、広範に応用されている。

しかしながら産業への応用をしていく場合に、放電の幅が放電電極の消耗とともに変化しそれとともにレーザのビーム幅が変化するという問題点がある。

[0007]

したがって加工用として使用する場合、この変化は横モードを悪くし、ビームの集光性を変化させたり、出力の変化を引き起こし実用上の問題となつて顯われる。

また、光リソグラフィ用の光源として使う場合にはこの出力光の幅の変化は狭帯域エキシマレーザの実用化において以下のような問題点をも引き起こす。

[0008]

すなわち、狭帯域化に用いる波長選択素子は角度分散特性を持つことはよく知られている。

たとえば、波長選択素子として回折格子(グレーティング)を使った場合はスペクトル幅を小さくするためレーザの発散角を制限する必要があり、レーザの発散角が大きいとスペクトル幅も広がってしまうという性質を持つ。

したがって放電幅が変化し、利得領域が変化した場合、レーザ光のビームダイバージェンスが変化するためにスペクトル幅も大きく変化し露光の性能を劣化させるというものである。

[0009]

そこで、本出願人はこうした問題を解決するために、レーザ媒質ガスを励起し反転分布を形成するための一対の放電電極の少なくとも一方の電極の幅を、放電幅に略一致させる技術に関して特許出願しており(特願平 2-219603 号)、さらに、その一方の電極の両側近傍に、電界を緩和させるための導電性構造物を配設する技術に関して特許出願している(特願平 2-21604 号)。

[0010]

これら技術によって、放電電極において、一種の負のフィードバック機構による自己形状維持が実現されるため、放電励起型のレーザ装置を長期間にわたり放電幅を変化させることなく安定に運転させることが可能となっている。

This way laser device of discharge excitation type is applied extensively as light source for industry.

But when it applies to industry, width of discharge changes with consumption of discharge electrode and there is a problem that with that beam width of laser changes.

[0007]

Therefore when you use, as processing use, this change makes transverse mode bad, condensability of beam changes, causes change of output and becomes problem in regard to utility and Akira cracks.

In addition, when you use as light source for photolithography change of the width of this output light like below causes also problem at time of utilizing narrow band excimer laser.

[0008]

As for wavelength selecting element which is used for namely, band narrowing as for having angle dispersive characteristics it is well known.

When diffraction grid (grating) was used as for example wavelength selecting element, in order to make spectral width small, when it is necessary to restrict emission angle of the laser, emission angle of laser is large, it has property that also spectral width spreads.

Therefore discharge width changes, when gain domain changes, also spectral width changes largely because beam diver Gene ス of laser beam changes and performance of exposure it is something which deteriorates.

[0009]

Then, in order to solve such problem, laser medium gas excitation to do this applicant and patent application we have done width of electrode of at least one of discharge electrode of pair in order to form inverse distribution, in regard to the technology which you abbreviate agrees to discharge width, (Japan Patent Application Hei 2- 219603 number), furthermore, in both sides vicinity of on other hand electrode, patent application it has done in regard to technology which arranges electrical conductivity structure in order to ease electric field, (Japan Patent Application Hei 2- 21604 number).

[0010]

Because with these technology, self shape maintenance is actualized with negative feedback mechanism of one kind in discharge electrode, laser device of discharge excitation type over the long period discharge width is driven to stability has become possible without changing.

JP2631607B2

1997-7-16

[0011]

[発明が解決しようとする課題]

このように電極幅を放電幅と同じになるように狭くすることにより長期間にわたり放電幅(放電方向に対して垂直な方向)を変化させることなく安定して運転が行われるようになっている。

しかし、放電方向において光ビームのプロファイルが変化してしまい、安定性が損なわれる虞がある。

[0012]

本発明者らは実験を行い、この光ビームのプロファイルが変化するという現象が電極周辺における電界の分布形状に依存していることを確認している。

[0013]

図 12 は高電圧の放電電圧が印加される電極 20(カソード電極)と接地されている電極 21(アノード電極)との間で放電を行ったときの、等電位線 E と電気力線 F の分布の様子を、電極の中心線(2 点鎖線にて示す)より片側について示す図である。

ここで、電極 20、21 の電極幅は放電幅に略一致している。

同図に示すように電極 20、21 の先端部分が等電位線 E を押し上げるような形となっているのがわかる。

また、実際のレーザ装置の放電回路では、高電圧側の電極 20 が接地電位を有した配線部材により取り囲まれるような形状になっているため、高圧電極 20 側が等電位線 E によって囲まれるような分布となっている。

このため、等電位線 E に直交する電気力線 F の方向は、必ずしも電極 20 と電極 21 とを結んだ線分方向と平行にはならず、高電圧側で外側へ膨らんでおり、接地側において萎んでいる滴型の分布を示している。

[0014]

ここで、周知のように、放電現象に寄与する荷電粒子は、電気力線 F に沿って移動しながら、レーザ活性を持つ放電領域を形成する。

したがって、この電気力線 F の電束密度分布(電気力線 F の混み具合)が大きい部分では、励起する放電電流密度も大きく、レーザガスの利得

[0011]

[Problems to be Solved by the Invention]

This way stabilizing discharge long period without changing width (Vis-a-vis discharge direction vertical direction), electrode width in order to become same as discharge width, by making narrow over it is designed in such a way that driving is done.

But, profile of light beam changes in discharge direction, there is an apprehension where stability is impaired.

[0012]

these inventors does experiment, it depends on distribution of electric field the phenomena that in electrode periphery profile of this light beam changes, you verify.

[0013]

Figure 12 when discharge voltage of high voltage electrode 20 which imparting is done (cathode electrode) with discharging between electrode 21 (anode electrode) which ground is done, is figure which shows circumstances of distribution of equipotential line E and electric force line F, center line of electrode (It shows with double-dot, dashed line.) from concerning one side.

Here, electrode width of electrode 20, 21 having abbreviated and agreeing to the discharge width.

As shown in same Figure, that it becomes kind of shape where the lobe of electrode 20, 21 pushes up equipotential line E it understands.

In addition, with discharge circuit of actual laser device, because it becomes kind of shape which is surrounded by metallization member where electrode 20 of high voltage side has ground potential, it has become kind of distribution where high voltage electrode 20 side is surrounded with equipotential line E.

Because of this, direction of electric force line F which crosses in equipotential line E become parallel with direction of linear part which always ties the electrode 20 and electrode 21, has expanded to outside with high voltage side, as shown distribution of drop type which is in ground side.

[0014]

Here, widely known way, charge particle which contributes to electric discharge while moving alongside electric force line F, forms discharge region which has laser activity.

Therefore, with portion where electric flux density distribution (Being packed condition of electric force line F) of this electric force line F is large, also discharge current



## JP2631607B2

1997-7-16

も大きくなるが、逆に電束密度が小さい部分では、励起する放電電流密度も小さく、レーザガスの利得も小さくなる。

[0015]

これを図 12 に適用してみると、電気力線 F の分布から明かなように、高電圧側でビーム強度は小さく、接地側でビーム強度は大きくなる。

これを、放電方向の位置 Z と光強度との関係として図 13 にグラフにて示す。

同図に示すような放電方向における光強度の不均一性は、放電方向における光ビームのプロファイルの変化を引き起こす。

なお、レーザの運転時間の経過とともに放電電極の形状の変化等が発生すると、電気力線 F の変化が引き起こされ、放電方向の電束密度分布も変化し、図 13 に示す光強度の分布も変化することになる。

[0016]

本発明は、こうした実状に鑑みてなされたものであり、放電方向における光ビームのプロファイルを均一のものにしてレーザをより安定して運転させるようにすることをその目的としている。

[0017]

[課題を解決するための手段]

そこで、この発明の主たる発明では、レーザチャンバの長手方向に沿って上下に対向して配設された 2 つの電極間で放電を行い、前記レーザチャンバ内に封入されたレーザ媒質ガスを励起してレーザ光を発生させるレーザ装置において、前記 2 つの電極のうちの少なくとも一方を、他方の電極に向けて突出された突起部を有した電極にするとともに、前記突起部の幅を放電幅に略一致させ、さらに前記突起部の幅を  $x$ 、前記突起部の高さを  $h$ 、前記突起部先端と前記対向する電極との距離を  $d$ 、前記突起部を有した電極の幅を  $W$  としたとき、

$x < dx < W \cdot 0.01 < 0.5$  なる条件を満足するように前記 2 つの電極を形成している。

[0018]

[作用]

density which excitation is done becomes large, gain of laser gas large, but with portion where the electric flux density is small conversely, also discharge current density which excitation is done becomes small, gain of laser gas small.

[0015]

When it tries applying this to Figure 12, in order to be clear from distribution of electric force line F, with high voltage side beam intensity becomes small, the beam intensity large with ground side.

In Figure 13 it shows with graph this, as relationship between the position Z and light intensity of discharge direction.

As for inhomogeneity of light intensity in kind of discharge direction which is shown in same Figure, change of profile of light beam in discharge direction is caused.

Furthermore, when with lapse of operating time of laser change etc of shape of discharge electrode occurs, change of electric force line F is pulled up, also electric flux density distribution of discharge direction changes, means that also distribution of light intensity which is shown in Figure 13 changes.

[0016]

As for this invention, considering to such actual condition, being something which it is possible, stabilizing from laser with the profile of light beam in discharge direction as those of uniform, it tries to drive, it has made objective.

[0017]

[Means to Solve the Problems]

Then, excitation doing laser medium gas which with main invention of this invention, opposing to top and bottom alongside lengthwise direction of laser chamber, discharges between 2 electrode which are arranged is enclosed into the aforementioned laser chamber, in laser device which generates laser beam, the at least one among aforementioned 2 electrode, As it makes electrode which possesses boss which protruding is done destined for electrode of other, width of the aforementioned boss to discharge width abbreviating agreeing, Furthermore when width of aforementioned boss height of  $x$ , aforementioned boss  $h$ , aforementioned boss tip and description above distance of electrode which opposes designating the width of electrode which possesses  $d$ , aforementioned boss as  $W$ ,

In order  $x < dx < W \cdot 0.01$

[0018]

[Working Principle]

JP2631607B2

1997-7-16

かかる構成の電極を使用すれば、放電方向における光強度の大きさが均一化されるとともに、レーザの運転時間経過に伴う光強度の変化も抑制される。

このため、放電方向における光ビームのプロファイルが常に均一となり、レーザの運転をより安定して行うことができる。

[0019]

[実施例]

以下、図面を参照して本発明に係るレーザ装置の実施例について説明する。

[0020]

図1は放電励起型のレーザ装置として狭帯域発振エキシマレーザ装置の構成を概念的に示したものである。

また、図2は図1のA-A断面を示している。

[0021]

すなわち、これら図に示すようにレーザチャンバ1内にはKr、F2等のレーザ媒質ガスが封入され満たされており、このレーザ媒質ガスがレーザチャンバ1の長手方向に沿って上下に配設された電極5(カソード電極)、電極6(アノード電極)によって放電、励起されることによりレーザ発振が行われる。

すなわち、レーザ光はレーザチャンバ1とフロントミラー2と波長選択素子であるグレーティング3とで構成された光共振器で共振され、フロントミラー2から有効なレーザ光として出力される。

この場合、グレーティング3は発振光を狭帯域化するとともにリアミラーとして機能するものであり、いわゆるリトロ配置をとっている。

なお、4はアパーチャを示している。

[0022]

図2において電極5、6間において破線で囲まれた領域は放電励起領域を概念的に示している。

すなわち、図2において、電極5は高電圧側であり、電気的絶縁性を有している絶縁部材7によって支持されている。

他方の電極6は接地側であり、アノード電流戻り配線8に接続されている。

そしてこの配線8が接地されることにより放電電流の流れるループが形成される。

If electrode of this configuration is used, as size of light intensity in the discharge direction is done homogenization, also change of light intensity which accompanies operating time lapse of laser is controlled.

Because of this, profile of light beam in discharge direction becomes uniform always, it stabilizes from driving laser and does is possible.

[0019]

[Working Example(s)]

Below, referring to drawing, you explain concerning Working Example of the laser device which relates to this invention.

[0020]

Figure 1 is something which shows configuration of narrow band excimer laser device in conceptual as laser device of discharge excitation type.

In addition, Figure 2 has shown A-Across section of Figure 1.

[0021]

As shown in these figures of namely, Kr, F2 or other laser medium gas is enclosed inside laser chamber 1 and is filled up, this laser medium gas electrode 5 which is arranged in top and bottom alongside lengthwise direction of laser chamber 1 (cathode electrode), discharges with the electrode 6 (anode electrode), laser oscillation is done by excitation being done.

namely, laser beam with laser chamber 1 and front mirror 2 and grating 3 which is a wavelength selecting element resonance is done with optical resonator which configuration is done, is outputted as effective laser beam L from front mirror 2.

In this case, grating 3 as oscillation light band narrowing is done, being something which functions as rear mirror, has taken so-called Littrow.

Furthermore, 4 has shown aperture.

[0022]

In Figure 2 domain which is surrounded with broken line in between electrode 5, 6 has shown discharge excited region in conceptual.

In namely, Figure 2, electrode 5 with high voltage side, is supported with insulating member 7 which has possessed electrical insulating property.

electrode 6 of other with ground side, is connected to anode current returning metallization 8.

loop where discharge current flows and this metallization 8 by ground being done is formed.

1997-7-16

## JP2631607B2

これら電極 5、6 はいわゆる主放電電極であり、これら一対の主放電電極の両側には主放電の均一化を図るための予備電離電極対が並べられている。

[0023]

電極 5 は、電極本体 5b と対向する電極 6 に向けて電極本体 5b より突出された突起部 5a とで構成されており、突起部 5a の幅が  $x$  に、突起部 5a の高さが  $h$  に、電極本体 5b の幅が  $W$  にされている。

一方、電極 6 は、電極本体 6b と対向する電極 5 に向けて電極本体 6b より突出された突起部 6a とで構成されており、突起部 6a の幅が  $x'$  に、突起部 6a の高さが  $h'$  に、電極本体 6b の幅が  $W'$  にされている。

そして、突起部 5a 先端と突起部 6a 先端との間の距離は  $d$  に、電極本体 5b 先端と電極本体 6b 先端との間の距離は  $D$  にされている。

[0024]

ここで、突起部 5a、6a の幅  $x$ 、 $x'$  はそれぞれ、突起部同士間の距離  $d$  よりも小さくなるようにされており、また、同幅  $x$ 、 $x'$  はそれぞれ、対応する電極本体の幅  $W$ 、 $W'$  よりも小さくなるようにされている。

[0025]

突起部 5a の断面のうち電極 6 に対向する部分の一部分は、所定半径の円の一部である円弧形状に形成されている。

同様に、突起部 6a の断面のうち電極 5 に対向する部分の一部分も、所定半径の円の一部である円弧形状に形成されている。

なお、突起部 5a の断面のうち電極 6 に対向する部分、または突起部 6a の断面のうち電極 5 に対向する部分を所定短長径比の楕円の一部分を示す形状とするようにしてもよい。

電極本体 5b、6b についても同様に対向する部分の一部分が円弧状に、または対向する部分が楕円の一部の形状にされている。

そして、突起部 5a、6a の幅  $x$ 、 $x'$  は、放電幅(破線にて示す)に略一致しており、突起部 5a、6a のうちそれぞれ他方の電極 6、5 に対向する面が放電面を形成している。

そして、電極 5 の各部寸法に関しては、

As for these electrode 5, 6 with so-called main discharge electrode, preparatory ionization electrode pair in order to assure homogenization of main discharge is arranged in both sides of main discharge electrode of these pair.

[0023]

electrode 5 with boss 5a which protruding is done configuration is done from electrode main body 5b destined for electrode 6 which opposes with electrode main body 5b, width of boss 5a in  $x$ , height of boss 5a in the  $h$ , width of electrode main body 5b is made  $W$ .

On one hand, electrode 6 with boss 6a which protruding is done the configuration is done from electrode main body 6b destined for electrode 5 which opposes with electrode main body 6b, width of boss 6a in  $XQPP Y'$ , height of the boss 6a in  $XQPQ R'$ , width of electrode main body 6b is made  $XQPQ U'$ .  $xhW$

And, as for distance between boss 5a tip and boss 6a tip in  $d$ , as for distance between electrode main body 5b tip and electrode main body 6b tip it is made  $D$ .

[0024]

Here,  $XQPP Q'$  of boss 5a, 6a respectively tries to become small the boss in comparison with distance  $d$  between, in addition,  $XQPP T$  respectively tries to become small in comparison with  $XQPP V'$  of electrode main body which corresponds. width  $x$ , equal width  $x$ , width  $W$ ,  $W$

[0025]

portion of portion which opposes to inside electrode 6 of cross section of boss 5a is formed to circular arc shape which is a portion of circle of specified radius.

In same way, also portion of portion which opposes to the inside electrode 5 of cross section of boss 6a, is formed to circular arc shape which is a portion of circle of specified radius.

Furthermore, it is possible portion, which opposes to inside electrode 6 of cross section of boss 5a or portion which opposes to the inside electrode 5 of cross section of boss 6a to make shape which shows portion of ellipse of specified short major diameter ratio.

Portion of portion which opposes in same way concerning the electrode main body 5b, 6b in circular arc, or portion which opposes is made shape of portion of ellipse.

And,  $XQPP Q'$  of boss 5a, 6a to have abbreviated and agree to the discharge width (It shows with broken line.), surface which opposes to electrode 6, 5 of the inside respective other of boss 5a, 6a forms discharge surface. width  $x$ ,  $x$

And, in regard to section dimension of electrode 5,

## JP2631607B2

1997-7-16

$$b/(W-x)=0.3 \dots (1)$$

という関係が成立している。

さらに、レーザチャンバ 1 内には、循環し周波数が高いときに発生する、レーザ媒質ガスの温度上昇を抑えるために、ファンおよび熱交換器からなる送風装置が配設されており、放電時において約 10m/s の均一なガス流が電極 5、6 の長手方向(レーザチャンバ 1 の長手方向)に生成され、冷却が行われる。

なお、一般にレーザ媒質ガスを構成するガスとして、Xe, Kr, Ar などの希ガス、F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub> などのハロゲンガス、He, Ne などのバッファガスが使用されるが、この実施例では、Kr を希ガスとして、F<sub>2</sub> をハロゲンガスとして、He, Ne をバッファガスとして使用している。

[0026]

かかる構成において、放電を行ったときの、等電位線 E と電気力線 F の分布の様子を、図 3 に電極 5、6 の中心線(2 点鎖線にて示す)より片側について示す。

なお、これは前述した図 12 に対応する図である。

また、放電方向の位置 Z と光強度との関係を図 4 に示す。

なお、これは図 13 のグラフに対応するグラフである。

[0027]

図 3 に示すように放電領域における等電位線 E の分布は、放電方向において双方の電極 5、6 の中心に関してほぼ対称であり、かつ等電位線 E は放電方向とほぼ垂直になっているのがわかる。

このため、図 4 に示すように、従来のもの(図 13)と比較して放電方向における光強度が均一に、つまり、電極 5、6 間の中心位置に関して光強度分布が非対称から対称に改善されている。

したがって、この実施例によれば、放電方向における光ビームのプロファイルが均一となる。

しかも、レーザの運転時間経過に伴う放電方向における光強度の変化も従来のものよりも抑制されている。

このため、放電方向における光ビームのプロファイルが常に均一なものとなりレーザの運転がより安定して行われる。

$$b/(W-x)=0.3 \dots (1)$$

With relationship which is said has been formed.

Furthermore, in order, when repeat frequency is high, occurs inside the laser chamber 1, to hold down temperature rise of laser medium gas, air blowing device which consists of fan and heat exchanger is arranged, uniform gas stream of approximately 10 m/s is formed by lengthwise direction (lengthwise direction of laser chamber 1) of electrode 5, 6 in when discharging, cooling is done.

Furthermore, Xe, Kr, Ar or other rare gas, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub> or other halogen gas, He, Ne or other buffer gas is used generally configuration is done laser medium gas as gas which, you use He, Ne, but with this Working Example, with the Kr as rare gas, with F<sub>2</sub> as halogen gas, as buffer gas.

[0026]

In this configuration, when discharging, circumstances of distribution of the equipotential line E and electric force line F, are shown in Figure 3 center line of electrode 5, 6 (It shows with double-dot, dashed line .) from concerning one side.

Furthermore, this is figure which corresponds to Figure 12 which is mentioned earlier.

In addition, relationship between position Z and light intensity of discharge direction is shown in Figure 4.

Furthermore, this is graph which corresponds to graph of the Figure 13.

[0027]

As shown in Figure 3, as for distribution of equipotential line E in discharge region, almost with symmetry, at same time as for equipotential line E discharge direction that it becomes almost vertical it understands in regard to center of both electrode 5, 6 in discharge direction.

Because of this, as shown in Figure 4, light intensity in discharge direction conventional ones (Figure 13) with by comparison in uniform, light intensity distribution from asymmetry is improved to symmetry in other words, in regard to center position between electrode 5, 6.

Therefore, according to this Working Example, profile of light beam in the discharge direction becomes uniform.

Furthermore, it is controlled change of light intensity in discharge direction which accompanies operating time lapse of laser in comparison with conventional ones.

Because of this, profile of light beam in discharge direction becomes uniform ones always and from driving laser stabilizes and is done.

JP2631607B2

1997-7-16

ここで、この実施例を理論的に説明する。

[0028]

一般に、放電方向における光強度分布の対称性 $f$ はつぎの式で定義される。

[0029]

$f$	$= 2 \cdot \text{ABS} ($	$(d/3) -$	$I$	$($	$-d/3))$
$f$	$= 2 \cdot \text{ABS}$	$(d/3) -$	$I$	$-$	$-d/3))$
$/$	$(I(d/3)$	$I$	$($	$d$	$3$
$/$	$I(d/3)$	$I$	$-$	$d$	$3$
					$(2)$
					$(2)$

値が光強度 $I$ である関数のことであり、位置 $Z$ と光強度 $I$ との関係はたとえば図5のように表される。

上記(2)式は $f$ の値が大きいほど対称性がある、つまり放電方向における光強度分布が平坦であることを示している。

本発明者等は、等電位線 $E$ によって囲まれる側の電極(カソード電極)に関する寸法 $x$ 、 $h$ 、 $W$ を種々変えることにより、 $b/(W-x)$ と $f$ との関係を図6に示すように実験的に求めた。

ただし、この実験は、

$x < d$ かつ $x < W$		
$x$		
という条件の下で行った。	同図6に示すように、	
With it did under condition which is said.	As shown in same Figure 6,	
$0.01 < h/(W-x)$	$< 0.5 \dots$	(3)
$0.01 < b/(W-x)$	$< 0.5 \dots$	(3)

転されるに十分なレベルの対称性( $f < 0.2$ であるので、実用上十分であることがわかる。)

[0030]

なお、実施例では、一対の電極の双方とも突起部を設けるようにしているが、片方の電極のみに突起部を設けるようにしてもよい。

図7は、カソード電極9のみに突起を設け、これに対向するアノード電極10は突起部を設けない(電極10自体が突起部である)場合の等電位線

Here, this Working Example is explained to theoretical.

[0028]

Generally, symmetric  $f$  of light intensity distribution in discharge direction is defined with the following formula.

[0029]

With thing of function where value is light intensity  $I$ , relationship between position  $Z$  and light intensity  $I$  is displayed like for example Figure 5.

As for above-mentioned Formula (2) when value of  $f$  is large, there is a symmetric, in other words light intensity distribution in discharge direction is flat, it has shown.

As  $b/(W-x)$  with shown relationship with  $f$  in the Figure 6 by various changing dimension  $x$ ,  $h$ ,  $W$  regarding electrode (cathode electrode) side which is surrounded with equipotential line  $E$ , experimentally it sought this inventor etc.

However, as for this experiment,

Revolution is done symmetric ( $f$

[0030]

Furthermore, with Working Example, that has tried provides also both boss of pair of electrodes, but it is possible that provides boss in only electrode of one side.

Figure 7 provides protrusion in only cathode electrode 9, as for anode electrode 10 which opposes to this in figure which shows distribution of equipotential line  $E$  in (electrode 10

## JP2631607B2

1997-7-16

E の分布を示す図であり、台形状の断面を有した電極本体 9b 上に突起状の放電電極 9a が設置されている。

この実施例でも、前述した図 3 と同様な等電位線 E の分布となっており、レーザの運転を安定して行うことができる。

[0031]

なお、高圧側電極 9 のみに突起部 9a を設置しているのは、接地側の電極 10 は、帰還電流用の配線が電極本体と等価な働きをしており(接地側でも放電方向に対して等電位線が垂直になるよう分布している)、接地側で電極本体を省略できるからである。

[0032]

また、図 8 は、図 7 と同様に台形状の断面を有した電極本体 11b 上に突起状の放電電極 11a が設置された電極 11 と突起が設けられていない電極 12 (電極 12 自体が突起部である)とで一对の電極を構成した場合の等電位線 E の分布を示している。

この実施例では、さらに台形状断面の電極本体 11b の左右両側のコーナ部に円柱状の導電体 13 が配設されている(なお、図面では導電体 13 は片側のもののみが示されている)。

これにより高圧側電極 11 の実効的な幅が広げられたのと同様の効果が得られ、ビームの放電方向における均一性、対称性が一層改善されることになる。

[0033]

また、図 9 は、放電方向に平行な側面を有した電極本体 14b 上に突起状の放電電極 14a が設置された電極 14 と、突起を設けられていない電極 15 (電極 15 自体が突起部である)とで一对の電極を構成した場合の等電位線 E の分布を示している。

なお、電極本体 14b のコーナは円弧状にされている。

この実施例でも、前述した図 3 と同様な等電位線 E の分布となっており、レーザの運転を安定して行うことができる。

itself is boss.) case where boss is not provided, discharge electrode 9a of protuberance is installed on electrode main body 9b which possesses cross section of table shape.

We have become distribution of equipotential line E which is similar to Figure 3 which is mentioned earlier even with this Working Example, stabilize driving the laser and do it is possible.

[0031]

Furthermore because, as for having installed boss 9a in only the high pressure side electrode 9, as for electrode 10 of ground side, metallization for feedback current to have done electrode main body and equivalent function, (In order even with ground side for equipotential line to become vertical vis-a-vis discharge direction, distribution it has done.), electrode main body can be abbreviated with ground side.

[0032]

In addition, Figure 8 electrode 11 where discharge electrode 11a of protuberance is installed on electrode main body 11b which possesses cross section of table shape in the same way as Figure 7 and electrode 12 where protrusion is not provided (electrode 12 itself is boss.) with with has shown distribution of equipotential line E when configuration it does the pair of electrodes.

With this Working Example, furthermore cylindrical conductor 13 is arranged in corner part of the both left and right sides of electrode main body 11b of table shape cross section, (Furthermore, with drawing as for conductor 13 only those of one side are shown.).

Because of this it could expand effective width of high pressure side electrode 11, that similar effect is acquired, means that uniformity, symmetric in discharge direction of beam is more improved.

[0033]

In addition, Figure 9 electrode 14 where discharge electrode 14a of protuberance is installed on electrode main body 14b which possesses parallel side surface in discharge direction and the electrode 15 which has not been provided protrusion (electrode 15 itself is boss.) with with has shown the distribution of equipotential line E when configuration it does pair of electrodes.

Furthermore, corner of electrode main body 14b is made circular arc.

We have become distribution of equipotential line E which is similar to Figure 3 which is mentioned earlier even with this Working Example, stabilize driving the laser and do it is possible.

JP2631607B2

1997-7-16

[0034]

ところで、一般にエキシマレーザは、レーザ媒質ガス中に電子の付着係数の大きい F2、Cl2 等のハロゲンガスが含まれているため放電が不安定になりやすいといわれている。

このため電極の放電面の形状をなめらかな曲面あるいは角のない平面等で構成し、放電の不安定さを解消するようにしている。

逆にいうと、角、突起などの形状を有した電極だと、電界強度が大となり放電が不安定になるからである。

しかし、なめらかな曲面で放電面を形成することは、複数の直線の組み合わせで放電面を形成する場合に較べて製造コストがより大となることが明白である。

[0035]

しかし、本発明によれば、突起部の断面形状を複数の直線で組み合わせてなるようにし、簡素化を図り、製造コストを低減させることができる。

これは、電極本体により電界の緩和効果が得られ、このため、突起部を簡素化したとしてもアーク放電等の不良放電に移行することなく、レーザを安定して運転できるからである。

[0036]

図 10 は、電極 16 の突起部 16a および電極 17 の突起部 17a の断面形状を複数の直線を組み合わせて構成したものであり、複数の直線を組み合わせてなる形状のコーナ 16c、17c を有している。

このように断面形状を簡素化することにより、レーザの運転の安定性が損なわれることもなく、電極の製造コストを低減させることができる。

[0037]

図 10 では、電極本体 16b、17b については、その断面形状が加工性のよくない形状となっているが、図 11(a)に示すように電極本体 16b、17b を加工の容易な材料で構成するとともに、突起部 16a、17a は、放電による消耗の少ない高融点金属材料で構成するようにし、材質を電極本体と突起部とで異ならせるようにしてもよい。

[0038]

[0034]

By way, generally excimer laser because F2, Cl2 or other halogen gas where deposit coefficient of electron is large in laser medium gas is included is said that discharge is easy to become unstable.

Because of this it does shape of discharge surface of electrode configuration with such as plane which does not have smooth curved surface or angle, unstable of discharge have tried to cancel.

Speaking conversely, when it is a electrode which possesses angle and the protrusion or other shape, electric field strength to become with large, because discharge becomes the unstable.

But, as for forming discharge surface with smooth curved surface, when discharge surface is formed with combination of straight lines of plural, comparing, production cost becomes with larger, it is clear.

[0035]

But, according to this invention, combining cross section shape of boss with the straight lines of plural, it tries to become, simplification assures, production cost can decrease.

As for this, ameliorating effect of electric field to be acquired by electrode main body, because of this, assuming, that boss simplification was done, stabilizing laser without moving to arc discharge or other deficiency discharge, because it can drive.

[0036]

Figure 10, boss 16a of electrode 16 and cross section shape of boss 17a of the electrode 17 being something which configuration is done combining straight lines of plural, has had corner 16c, 17c of shape which becomes combining the straight lines of plural.

This way production cost of electrode can be decreased stability of driving laser being impaired by simplification doing cross section shape, without.

[0037]

With Figure 10, it has become shape where cross section shape fabricability is not good concerning electrode main body 16b, 17b, but as shown in Figure 11(a), as the electrode main body 16b, 17b configuration is done with easy material of processing, boss 16a, 17a tries to do configuration with high melting point metallic material whose consumption is little with discharge, material is trained with electrode main body and boss uncommonness, it is possible way.

[0038]

1997-7-16

JP2631607B2

また、図 11(b)に示すように電極 18a の両側に電界を緩和させるための導電体 18b、18c を密着して配設せしめ、これにより電極本体上に突起部を突出させた電極と等価のものにすることができる。

この場合、製作の手間、加工コストをより低減させることができる。

[0039]

[発明の効果]

以上説明したように本発明によれば、放電方向における光ビームのプロファイルが常に均一のものになされ、レーザをより安定して運転させることができるようになる。

[図面の簡単な説明]

[図 1]

図 1 は本発明に係るレーザ装置の構成を概念的に示す図である。

[図 2]

図 2 は図 1 の A-A 断面を示す断面図である。

[図 3]

図 3 は図 2 に示す電極を使用して放電を行ったときの等電位線の分布の様子を示す図である。

[図 4]

図 4 は図 2 に示す電極により放電を行ったときの放電方向における位置と光強度との関係を示すグラフである。

[図 5]

図 5 は放電方向における位置と光強度との関係を示すグラフである。

[図 6]

図 6 は突起部を有した電極の各部寸法に関するパラメータと対称性の度合いとの関係を示すグラフである。

[図 7]

図 7 は他の実施例における等電位線の分布の様子を示す図である。

[図 8]

図 8 は他の実施例における等電位線の分布の様子を示す図である。

In addition, as shown in Figure 11 (b), sticking conductor 18b, 18c in order to ease electric field in both sides of electrode 18a, arranging, it can make things such as electrode and equivalent which protruding do boss because of this on electrode main body.

In this case, it can decrease from labor, fabrication cost of production.

[0039]

[Effects of the Invention]

As above explained, according to this invention, you can do to those of the uniform profile of light beam in discharge direction always, stabilize from the laser and in order to drive, you reach point where it is possible.

[Brief Explanation of the Drawing(s)]

[Figure 1]

Figure 1 is figure which shows configuration of laser device which relates to this invention in conceptual.

[Figure 2]

Figure 2 is sectional view which shows A-Across section of Figure 1.

[Figure 3]

Figure 3 using electrode which is shown in Figure 2, when discharging, is figure which shows circumstances of distribution of equipotential line.

[Figure 4]

As for Figure 4 when discharging with electrode which is shown in the Figure 2, it is a graph which shows relationship between position and light intensity in discharge direction.

[Figure 5]

As for Figure 5 it is a graph which shows relationship between position and light intensity in discharge direction.

[Figure 6]

Figure 6 is graph which shows relationship between parameter and extent of symmetric which regard section dimension of electrode which possesses boss.

[Figure 7]

As for Figure 7 it is a figure which shows circumstances of the distribution of equipotential line in other Working Example.

[Figure 8]

As for Figure 8 it is a figure which shows circumstances of the distribution of equipotential line in other Working Example.



JP2631607B2

1997-7-16

## 【図9】

図9は他の実施例における等電位線の分布の様子を示す図である。

## 【図10】

図10は断面形状が複数の直線の組み合わせで構成された突起部を有した電極を示す斜視図である。

## 【図11】

図11は断面形状が複数の直線の組み合わせで構成された突起部を有した電極を示す断面図である。

## 【図12】

図12は従来の電極を用いて放電を行ったときの等電位線の分布の様子を示す図である。

## 【図13】

図13は従来の電極を用いて放電を行ったときの放電方向における位置と光強度との関係を示すグラフである。

## 【符号の説明】

1

レーザーチャンバ

5

電極(カソード電極)

5a

突起部

5b

電極本体

6

電極(アノード電極)

6a

突起部

6b

電極本体

Drawings

【図1】

Example.

## [Figure 9]

As for Figure 9 it is a figure which shows circumstances of the distribution of equipotential line in other Working Example.

## [Figure 10]

Figure 10 cross section shape is oblique view which shows electrode which possesses boss which configuration is done with combination of straight lines of the plural.

## [Figure 11]

Figure 11 cross section shape is sectional view which shows electrode which possesses boss which configuration is done with combination of straight lines of the plural.

## [Figure 12]

Figure 12 when discharging making use of conventional electrode, is figure which shows circumstances of distribution of equipotential line.

## [Figure 13]

As for Figure 13 when discharging making use of conventional electrode, it is a graph which shows relationship between position and light intensity in discharge direction.

## [Explanation of Symbols in Drawings]

1

laser chamber

5

electrode (cathode electrode)

5 a

boss

5 b

electrode main body

6

electrode (anode electrode)

6 a

boss

6 b

electrode main body

[Figure 1]

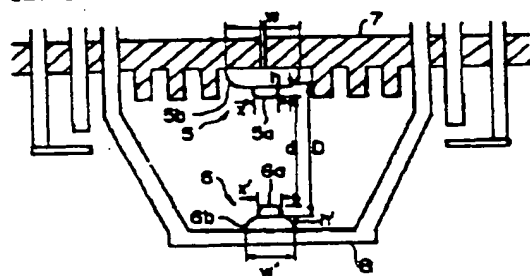
JP2631607B2

1997-7-16



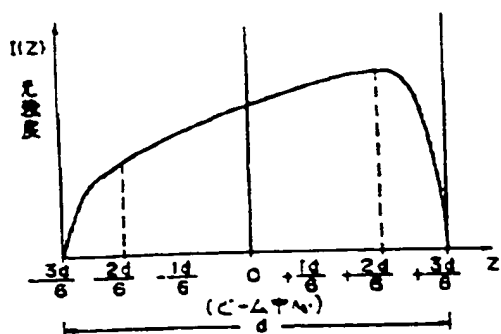
【図2】

[Figure 2]



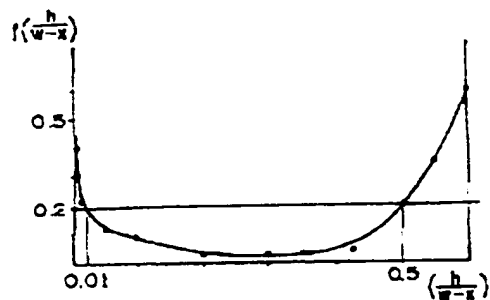
JP2631607B2

1997-7-16



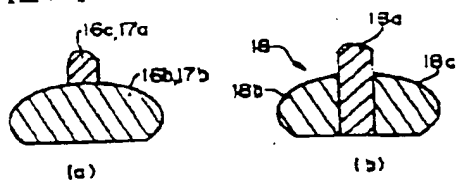
【图6】

[Figure 6]



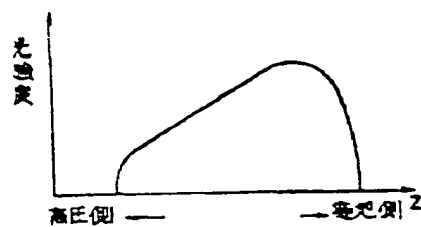
【图11】

[Figure 11]



【图13】

[Figure 13]

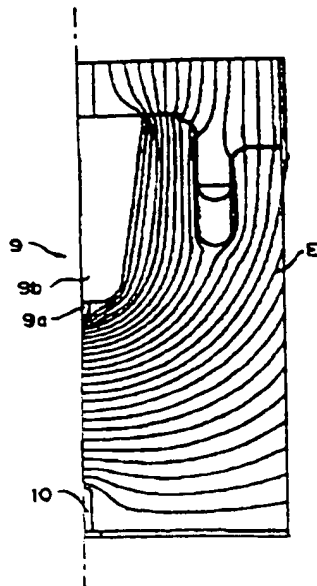


【图7】

[Figure 7]

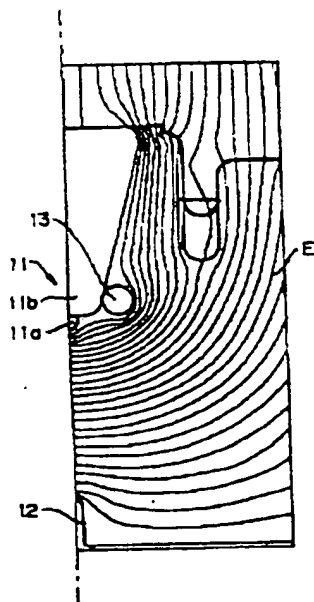
JP2631607B2

1997-7-16



【図8】

[Figure 8]

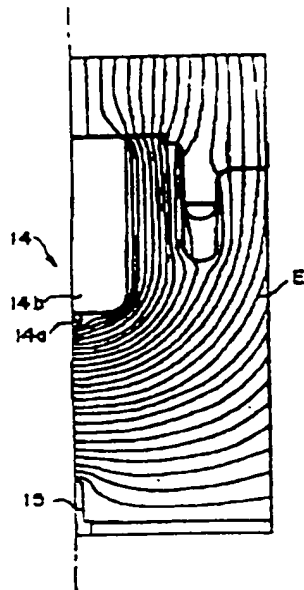


【図9】

[Figure 9]

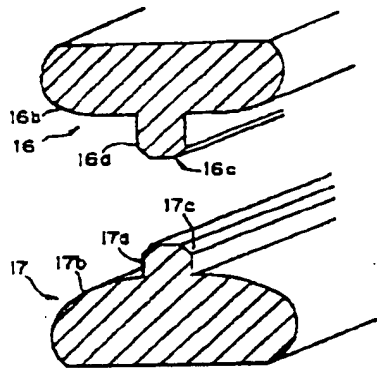
JP2631607B2

1997-7-16



【図10】

[Figure 10]



【図12】

[Figure 12]

JP2631607B2

1997-7-16

